

13.09.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 3 年   9 月 1 2 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 3 - 3 2 2 0 6 5  
Application Number:  
[ST. 10/C] :      [ J P 2 0 0 3 - 3 2 2 0 6 5 ]

出      願      人  
Applicant(s):      日本碍子株式会社  
                         本田技研工業株式会社

REC'D 02 DEC 2004

WIPO

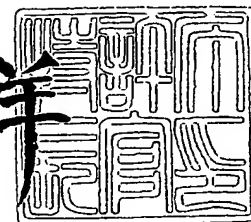
PCT

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 1 月 1 8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願  
【整理番号】 WP04504  
【提出日】 平成15年 9月12日  
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿  
【国際特許分類】 H05H 1/00  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内  
    【氏名】 藤岡 靖昌  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内  
    【氏名】 榊田 昌明  
【発明者】  
    【住所又は居所】 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内  
    【氏名】 近藤 厚男  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004064  
    【氏名又は名称】 日本碍子株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100088616  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 渡邊 一平  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 009689  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9001231

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

互いに対向する二つ以上の、長方形の表面及び四つの端面を有する板状の単位電極と、前記単位電極を所定間隔に隔てた状態で、前記単位電極の四つの端面に対応した四つの端部のうち、一組の互いに平行な端部（一組の端部）の少なくとも一方（固定端）を保持する保持部材とを備え、前記単位電極相互間に電圧を印加することによってプラズマを発生させることが可能なプラズマ発生電極であって、

互いに対向する前記単位電極の少なくとも一方が、誘電体となるセラミック体と、前記セラミック体の内部に配設された導電膜とを有する導電膜配設電極であるとともに、前記導電膜配設電極の四つの端部うち、前記一組の端部に隣接する他の一組の互いに平行な端部（他の一組の端部）側における、前記導電膜の先端から前記セラミック体の先端までの距離  $a$  (mm) と、前記セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq a \leq 5c$  の関係を満たすプラズマ発生電極。

**【請求項 2】**

前記導電膜配設電極の前記固定端側における、前記導電膜の先端から前記セラミック体の先端までの距離  $b$  (mm) と、前記セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $2c \leq b \leq 10c$  の関係を満たす請求項 1 に記載のプラズマ発生電極。

**【請求項 3】**

前記導電膜配設電極の、前記一組の端部が、前記固定端以外の端部（自由端）を有する場合、前記自由端側における、前記導電膜の先端から前記セラミック体の先端までの距離  $d$  (mm) と、前記セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq d \leq 5c$  の関係を満たす請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ発生電極。

**【請求項 4】**

前記導電膜の厚さが、 $5 \sim 30 \mu m$  である請求項 1～3 のいずれかに記載のプラズマ発生電極。

**【請求項 5】**

前記セラミック体が、アルミナ、ムライト、セラミックガラス、ジルコニア、コーージェライト、窒化珪素、窒化アルミニウム、及びガラスからなる群から選ばれる少なくとも一種のセラミックを含む請求項 1～4 のいずれかに記載のプラズマ発生電極。

**【請求項 6】**

前記導電膜が、タンゲステン、モリブデン、マンガン、クロム、チタン、ジルコニア、ニッケル、鉄、銀、銅、白金、及びパラジウムからなる群から選ばれる少なくとも一種の金属を含む請求項 1～5 のいずれかに記載のプラズマ発生電極。

**【請求項 7】**

請求項 1～6 のいずれかに記載のプラズマ発生電極と、所定の成分を含むガスの流路（ガス流路）を内部に有するケース体とを備え、前記ガスが前記ケース体の前記ガス流路に導入されたときに、前記プラズマ発生電極で発生したプラズマにより前記ガスに含まれる前記所定の成分が反応することが可能なプラズマ反応器。

**【請求項 8】**

前記プラズマ発生電極に電圧を印加するためのパルス電源をさらに備えた請求項 7 に記載のプラズマ反応器。

**【請求項 9】**

前記パルス電源が、その内部に少なくとも 1 つの S I サイリスタを有する請求項 8 に記載のプラズマ反応器。

【書類名】明細書

【発明の名称】プラズマ発生電極及びプラズマ反応器

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ発生電極及びプラズマ反応器に関する。さらに詳しくは、熱衝撃による破損を有効に防止することができるとともに、例えば、プラズマ発生電極を排気ガスの流路に配設し、発生したプラズマによって排気ガスを処理する場合に、プラズマ発生電極を構成する単位電極の表面に堆積する堆積物の量を減少させて、均一なプラズマを安定して発生させることが可能なプラズマ発生電極及びプラズマ反応器。

【背景技術】

【0002】

二枚の両端を固定された電極間に誘電体を配置し高電圧の交流、あるいは周期パルス電圧をかけることにより、無声放電が発生し、これによりできるプラズマ場では活性種、ラジカル、イオンが生成され、気体の反応、分解を促進することが知られており、これをエンジンや各種の焼却炉等から排出される排気ガスに含まれる有害成分の除去に利用できることが知られている。

【0003】

例えば、エンジンや各種の焼却炉等から排出される排気ガスを、プラズマ場内を通過させることによって、この排気ガス中に含まれる、例えば、 $\text{NO}_x$ 、カーボン微粒子、 $\text{HC}$ 、 $\text{CO}$ 等を処理する、プラズマ反応器等が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2001-164925号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述したプラズマ反応器は、均一なプラズマを安定して発生させることが困難であるとともに、エンジン等から排出される排気ガスを処理する場合に、プラズマ反応器を構成するプラズマ発生電極の表面に排気ガスに含まれる煤が堆積して排気ガスの流路を塞ぎ、圧力損失を上昇させるという問題があった。また、このプラズマ発生電極は、熱衝撃によって破損し易いという問題があった。

【0005】

本発明は、上述した問題に鑑みてなされたものであり、熱衝撃による破損を有効に防止することができるとともに、例えば、プラズマ発生電極を排気ガスの流路に配設し、発生したプラズマによって排気ガスを処理する場合に、プラズマ発生電極を構成する単位電極の表面に堆積する堆積物の量を減少させて、均一なプラズマを安定して発生させることが可能なプラズマ発生電極及びプラズマ反応器を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上述の目的を達成するため、本発明は、以下のプラズマ発生電極及びプラズマ反応器を提供するものである。

【0007】

[1] 互いに対向する二つ以上の、長方形の表面及び四つの端面を有する板状の単位電極と、前記単位電極を所定間隔に隔てた状態で、前記単位電極の四つの端面に対応した四つの端部のうち、一組の互いに平行な端部（一組の端部）の少なくとも一方（固定端）を保持する保持部材とを備え、前記単位電極相互間に電圧を印加することによってプラズマを発生させることが可能なプラズマ発生電極であって、互いに対向する前記単位電極の少なくとも一方が、誘電体となるセラミック体と、前記セラミック体の内部に配設された導電膜とを有する導電膜配設電極であるとともに、前記導電膜配設電極の四つの端部うち、前記一組の端部に隣接する他の一組の互いに平行な端部（他の一組の端部）側における、前記導電膜の先端から前記セラミック体の先端までの距離  $a$  (mm) と、前記セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq a \leq 5c$  の関係を満たすプラズマ発生電極。

## 【0008】

[2] 前記導電膜配設電極の前記固定端側における、前記導電膜の先端から前記セラミック体の先端までの距離  $b$  (mm) と、前記セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $2c \leq b \leq 10c$  の関係を満たす前記 [1] に記載のプラズマ発生電極。

## 【0009】

[3] 前記導電膜配設電極の、前記一組の端部が、前記固定端以外の端部（自由端）を有する場合、前記自由端側における、前記導電膜の先端から前記セラミック体の先端までの距離  $d$  (mm) と、前記セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq d \leq 5c$  の関係を満たす前記 [1] 又は [2] に記載のプラズマ発生電極。

## 【0010】

[4] 前記導電膜の厚さが、 $5 \sim 30 \mu\text{m}$  である前記 [1] ～ [3] のいずれかに記載のプラズマ発生電極。

## 【0011】

[5] 前記セラミック体が、アルミナ、ムライト、セラミックガラス、ジルコニア、コージュライト、窒化珪素、窒化アルミニウム、及びガラスからなる群から選ばれる少なくとも一種のセラミックを含む前記 [1] ～ [4] のいずれかに記載のプラズマ発生電極。

## 【0012】

[6] 前記導電膜が、タングステン、モリブデン、マンガン、クロム、チタン、ジルコニア、ニッケル、鉄、銀、銅、白金、及びパラジウムからなる群から選ばれる少なくとも一種の金属を含む前記 [1] ～ [5] のいずれかに記載のプラズマ発生電極。

## 【0013】

[7] 前記 [1] ～ [6] のいずれかに記載のプラズマ発生電極と、所定の成分を含むガスの流路（ガス流路）を内部に有するケース体とを備え、前記ガスが前記ケース体の前記ガス流路に導入されたときに、前記プラズマ発生電極で発生したプラズマにより前記ガスに含まれる前記所定の成分が反応することが可能なプラズマ反応器。

## 【0014】

[8] 前記プラズマ発生電極に電圧を印加するためのパルス電源をさらに備えた前記 [7] に記載のプラズマ反応器。

## 【0015】

[9] 前記パルス電源が、その内部に少なくとも 1 つの S I サイリスタを有する前記 [8] に記載のプラズマ反応器。

## 【発明の効果】

## 【0016】

本発明のプラズマ発生電極は、熱衝撃による破損を有効に防止することができるとともに、例えば、プラズマ発生電極を排気ガスの流路に配設し、発生したプラズマによって排気ガスを処理する場合に、プラズマ発生電極を構成する単位電極の表面に堆積する堆積物の量を減少させて、均一なプラズマを安定して発生させることができる。さらに、本発明のプラズマ反応器は、このようなプラズマ発生電極を備えているため、単位電極の表面に堆積物が堆積し難く、効率よくガスを反応させることができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0017】

以下、図面を参照して、本発明のプラズマ発生電極及びプラズマ反応器の実施の形態について詳細に説明するが、本発明は、これに限定されて解釈されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良を加え得るものである。

## 【0018】

図 1 は、本発明のプラズマ発生電極の一の実施の形態における、単位電極の表面に垂直な平面で切断した断面図であり、図 2 は、本実施の形態のプラズマ発生電極を構成する単位電極を示す斜視図である。

## 【0019】

図1及び図2に示すように、本実施の形態のプラズマ発生電極1は、互いに対向する二つ以上の、長方形の表面及び四つの端面を有する板状の単位電極2と、単位電極2を所定間隔に隔てた状態で、単位電極2の四つの端面に対応した四つの端部のうち、一組の互いに平行な端部（一組の端部15）の少なくとも一方（固定端6）を保持する保持部材5とを備え、単位電極2相互間に電圧を印加することによってプラズマを発生させることが可能なプラズマ発生電極1であって、互いに対向する単位電極2の少なくとも一方が、誘電体となるセラミック体3と、セラミック体3の内部に配設された導電膜4とを有する導電膜配設電極8であるとともに、導電膜配設電極8の四つの端部うち、一組の端部15に隣接する他の一組の互いに平行な端部（他の一組の端部9）側における、導電膜4の先端からセラミック体3の先端までの距離 $a$ （mm）と、セラミック体3の厚さ $c$ （mm）とが、 $(c/2) \leq a \leq 5c$ の関係を満たすものである。このように構成することによって、熱衝撃による破損を有効に防止するとともに、例えば、排気ガスの流路に配設してプラズマ発生電極1にて発生したプラズマによって排気ガス进行处理する場合に、プラズマ発生電極1を構成する単位電極2の表面に堆積する堆積物の量を減少させて、均一なプラズマを安定して発生させることができる。

#### 【0020】

上述したように、本実施の形態のプラズマ発生電極1においては、互いに対向する単位電極2の少なくとも一方が、誘電体としてのセラミック体3と導電膜4とを有する導電膜配設電極8である。この導電膜配設電極8は、所謂、バリア放電型の電極であり、互いに対向する単位電極2相互間に均一なプラズマを発生させることができる。このため、本実施の形態のプラズマ発生電極1は、所定の成分を含むガスを、単位電極2相互間を通過させて反応させるプラズマ反応器、例えば、排気ガス进行处理する排気ガス処理装置や空気等に含まれる酸素を反応させてオゾンを経製するオゾナイザ等に用いることができる。特に、導電膜4がセラミック体3の内部に配設されているために、排気ガス処理装置としてプラズマ発生電極1を用いた場合に、導電膜4と排気ガスとが直接接触することがないために、導電膜4の腐食や劣化を有効に防止することができる。

#### 【0021】

特に、本実施の形態のプラズマ発生電極1においては、導電膜配設電極8の四つの端部うち、一組の端部15に隣接する他の一組の端部9側における、導電膜4の先端からセラミック体3の先端までの距離 $a$ （mm）と、セラミック体3の厚さ $c$ （mm）とが、 $(c/2) \leq a \leq 5c$ の関係を満たすように構成されている。導電膜配設電極8の他の一組の端部9側における、導電膜4の先端からセラミック体3の先端までの距離 $a$ （mm）が、 $(c/2)$ （mm）未満、即ち、距離 $a$ （mm）がセラミック体3の厚さ $c$ （mm）の $(1/2)$ 未満であると、導電膜配設電極8の他の一組の端部9側が熱衝撃によって破損し易くなる。また、導電膜配設電極8が、例えば、導電膜4を挟持した状態で二枚のシート状のセラミック（セラミックグリーンシート）を積層して形成したものである場合には、距離 $a$ （mm）が短過ぎることにより、他の一組の端部9側のセラミックグリーンシートの接着性が低下し、導電膜配設電極8の他の一組の端部9側に裂目が生じてしまう。このような導電膜配設電極8に電圧を印加して放電を行った場合、他の一組の端部9側から対向する電極に向かって放電が起こり、単位電極2相互間に均一なプラズマを安定して発生させることができない。特に対向配置された導電膜配設電極8においても他の一組の端部9側に裂目が生じていた場合、この現象は顕著になる。一方、導電膜4の先端からセラミック体3の先端までの距離 $a$ （mm）が、 $5c$ （mm）を超える、即ち、距離 $a$ （mm）がセラミック体3の厚さ $c$ （mm）の5倍を超えると、導電膜配設電極8の表面積に対する実際に放電の起きる面積の割合が低過ぎてプラズマの発生効率が低下する。また、プラズマ発生電極1を、燃焼排気ガス等进行处理する排気ガス処理装置に用いた場合に、導電膜配設電極8の表面の、他の一組の端部9側に相当する部位、即ち、導電膜4の先端からセラミック体3の先端までのプラズマが発生しない部位に煤が堆積し、その単位電極2相互間の隙間を狭めて排気ガス処理装置の圧力損失を上昇させることとなる。そして、この状態がさらに続くと、堆積した煤が単位電極2相互間の隙間を完全に塞ぎ、排気ガスの流路を

確保することができなくなる。

#### 【0022】

本実施の形態のプラズマ発生電極 1 を構成する導電膜配設電極 8 においては、他の一組の端部 9 側のうちの少なくとも一方にて、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $a$  (mm) と、セラミック体 3 の厚さ  $c$  (mm) とが、上述した関係を満たすものであればよいが、他の一組の端部 9 側の両方でその関係を満たしているものであることが好ましい。また、本実施の形態のプラズマ発生電極 1 を、気体の流れる流路の内部に配置して用いる場合には、特に、気体の流入する側に相当する端部において、上記の関係を満足することが好ましい。

#### 【0023】

図 1 に示したプラズマ発生電極 1 は、十枚の単位電極 2 が、保持部材 5 によって、一枚おきに、それぞれ交互に一組の端部の反対側で保持された構成となっているが、図 3 に示すように、単位電極 2 が、一組の端部の両方で保持された構成としてもよい。この場合には、互いに対向する単位電極 2 において、それぞれ反対側の端部側から電圧を印加することができるよう構成することが好ましい。なお、図 1 及び図 3 においては、十枚の単位電極 2 からプラズマ発生電極 1 が構成されているが、単位電極 2 の枚数はこれに限定されることはない。

#### 【0024】

また、図 1 に示したプラズマ発生電極 1 は、全ての単位電極 2 が、誘電体となるセラミック体 3 と、そのセラミック体 3 の内部に配設された導電膜 4 とを有した導電膜配設電極 8 であるが、本実施の形態においては、少なくとも一方の単位電極 2 が導電膜配設電極 8 であればよいことから、例えば、図 4 に示すように、プラズマ発生電極 1 を構成する単位電極 2 において、互いに対向する単位電極 2 の一方のみが導電膜配設電極 8 であり、対向する他方の単位電極 14 が、単なる導電性を有する板状の電極であってもよい。この場合、導電膜配設電極 8 と対向する他方の単位電極 14 の構成については特に限定されることはないが、従来公知の電極、例えば、導電性を有する金属から形成された板状の電極を好適に用いることができる。

#### 【0025】

また、本実施の形態のプラズマ発生電極 1 においては、導電膜配設電極 8 の固定端 6 側における、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $b$  (mm) と、セラミック体 3 の厚さ  $c$  (mm) とが、 $2c \leq b \leq 10c$  の関係を満たすことが好ましい。

#### 【0026】

固定端 6 側における、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $b$  (mm) が  $2c$  (mm) 未満であると、図 3 に示すように、単位電極 2 を二以上の端部で保持し、保持部材 5 と導電膜配設電極 8 が重なる配置となった場合に、固定端 6 側から保持部材 5 の内側を経由して沿面放電が起こり、単位電極 2 相互間に不均一なプラズマが発生する恐れがある。これを避けるためには保持部材 5 の幅を小さくすれば良いが、その場合、導電膜配設電極 8 を保持するのに十分な幅を得られなくなることがある。また、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $b$  (mm) が  $10c$  (mm) を超えると、導電膜配設電極 8 の表面積に対する実際に放電の起きる面積の割合が低過ぎてプラズマの発生効率が低下することがある。

#### 【0027】

また、図 1 に示すように、本実施の形態のプラズマ発生電極 1 においては、導電膜配設電極 8 の、一組の端部 15 が、固定端 6 以外の端部（自由端 7）を有する場合、自由端 7 側における、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $d$  (mm) と、セラミック体 3 の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq d \leq 5c$  の関係を満たすことが好ましい。一組の端部 15 が自由端 7 を有する場合、自由端 7 側における、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $d$  (mm) が  $(c/2)$  (mm) 未満であると、導電膜配設電極 8 の自由端 7 側が熱衝撃によって破損し易くなる。また、導電膜配設電極 8 が、例えば、導電膜 4 を挟持した状態で二枚のシート状のセラミック（セラミックグリーンシート）



を積層して形成したものである場合には、距離  $d$  (mm) が短過ぎることにより、自由端 7 側のセラミックグリーンシートの接着性が低下し、導電膜配設電極 8 の自由端 7 側に裂目が生じてしまうことがある。このような導電膜配設電極 8 に電圧を印加して放電を行った場合、自由端 7 側から対向する電極に向かって放電が起こり、単位電極 2 相互間に均一なプラズマを安定して発生させることができない。また、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $d$  (mm) が  $5c$  を超えると、導電膜配設電極 8 の表面積に対する実際に放電の起きる面積の割合が低過ぎてプラズマの発生効率が低下する。また、プラズマ発生電極 1 を、燃焼排気ガス等処理する排気ガス処理装置に用いた場合に、導電膜配設電極 8 の表面の、自由端 7 側に相当する部位、即ち、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までのプラズマが発生しない部位に煤が堆積し、その単位電極 2 相互間の隙間を狭めて排気ガス処理装置の圧力損失を上昇させることがある。

#### 【0028】

また、本実施の形態のプラズマ発生電極 1 においては、単位電極 2 を構成する導電膜 4 の厚さについては特に限定されることはないが、放電効率やコスト面を考慮して、導電膜 4 の厚さが、 $5 \sim 30 \mu\text{m}$  であることが好ましい。

#### 【0029】

セラミック体 3 は、誘電体として好適に用いることができるものであれば、その材料については特に限定されることはないが、例えば、セラミック体が、アルミナ、ムライト、セラミックガラス、ジルコニア、コージェライト、窒化珪素、窒化アルミニウム、及びガラスからなる群から選ばれる少なくとも一種のセラミックを含むことが好ましい。このようなセラミックを含むことによって、耐熱衝撃性に優れたセラミック体 3 とすることができ

#### 【0030】

本実施の形態のプラズマ発生電極 1 においては、誘電体としてのセラミック体 3 の内部に導電膜 4 が配設された導電膜配設電極 8 を用いて放電を行うことから、導電膜 4 単独で放電を行う場合と比較して、スパーク等の片寄った放電を減少させることができるとともに、単位電極 2 相互間に小さな放電を複数の箇所で行うことができる。このような複数の小さな放電は、スパーク等の放電に比して流れる電流が少ないために、消費電力を削減することができ、さらに、誘電体が存在することにより、イオンの移動開始以前に放電が停止し、単位電極 2 相互間では電子の移動が優位となり、温度上昇を伴わないノンサーマルプラズマを発生させることができる。

#### 【0031】

また、セラミック体 3 は、その気孔率が、 $0.1 \sim 10\%$  であることが好ましく、 $0.1 \sim 3\%$  であることがさらに好ましい。このように構成することによって、互いに対向する単位電極 2 相互間に効率よくプラズマを発生させることが可能となり、省エネルギー化を実現することができる。

#### 【0032】

また、導電膜は 4、単位電極 2 相互間に電圧を印加することによってプラズマを発生させることが可能なものであればよく、特に限定されることはないが、例えば、導電膜 4 が、タングステン、モリブデン、マンガン、クロム、チタン、ジルコニア、ニッケル、鉄、銀、銅、白金、及びパラジウムからなる群から選ばれる少なくとも一種の金属を含むことが好ましい。

#### 【0033】

保持部材 5 については、単位電極 2 相互間を所定間隔に隔てた状態で、単位電極 2 の固定端 6 を保持することができるものであればよく、例えば、角柱状に形成されたセラミック等を用いることができる。具体的には、保持部材 5 が、アルミナ、窒化珪素、サイアロン、コージェライト、ムライト、ジルコニア、スピネル、窒化アルミニウム、シリカ、ガラス、結晶化ガラス、窒化硼素、及び窒化アルミニウム-窒化硼素複合材料からなる群から選ばれる少なくとも一種の化合物を含むことが好ましい。なお、この保持部材 5 は、局所的な沿面放電の防止の観点から、電気絶縁性を有することが好ましく、また、熱応力によ



る破損を避けるため、熱膨張係数は低いことが好ましい。

#### 【0034】

単位電極 2 相互間の間隔については、必要とするプラズマの強度や電圧を印加する電源等によって適宜選択することが好ましく、例えば、排気ガス中の  $\text{NO}_x$  処理に用いる場合には、単位電極 2 相互間の間隔を 0.5 ~ 2 mm にすることが好ましい。

#### 【0035】

導電膜配設電極 8 を構成するセラミック体 3 は、テープ状のセラミックグリーンシートを用いて形成することができる。セラミックグリーンシートを用いた場合には、導電膜 4 をセラミックグリーンシートに塗工して配設することが好ましい。具体的な塗工の方法としては、例えば、スクリーン印刷、カレンダーロール、スプレー、静電塗装、ディップ、ナイフコート、化学蒸着、物理蒸着等を好適例として挙げることができる。このような方法によれば、塗工後の導電膜 4 表面の平滑性に優れ、かつ厚さの薄い導電膜 4 を容易に形成することができる。

#### 【0036】

以下、本実施の形態のプラズマ発生電極 1 の製造方法について具体的に説明する。

#### 【0037】

まず、プラズマ発生電極を構成するセラミック体となるテープ状のセラミックグリーンシートを形成するためのスラリー（セラミックグリーンシート製作用スラリー）を調製する。このスラリーは、所定のセラミック粉末に適当なバインダ、焼結助剤、可塑剤、分散剤、有機溶媒等を配合して調製する。上述したセラミック粉末としては、例えば、アルミナ、ムライト、コージェライト、窒化珪素、窒化アルミニウム等の粉末を好適に用いることができる。また、焼結助剤は、セラミック粉末 100 質量部に対して、3 ~ 10 質量部加えることが好ましく、可塑剤、分散剤及び有機溶媒については、従来公知のセラミックグリーンシートを形成するために用いられるスラリーに使用されている可塑剤、分散剤及び有機溶媒を好適に用いることができる。なお、このセラミックグリーンシート製作用スラリーはペースト状であってもよい。

#### 【0038】

次に、得られたセラミックグリーンシート製作用スラリーを、ドクターブレード法、カレンダー法、印刷法、リバースロールコート法等の従来公知の手法に従って、所定の厚さとなるように成形してセラミックグリーンシートを形成する。このようにして形成されたセラミックグリーンシートは、切断、切削、打ち抜き、連通孔の形成等の加工を施したり、複数枚のセラミックグリーンシートを積層した状態で熱圧着等によって一体的な積層物として用いてもよい。

#### 【0039】

一方、導電膜を形成するための導体ペーストを調製する。この導体ペーストは、例えば、モリブデン粉末にバインダ及びテルピネオール等の溶剤を加え、トリロールミルを用いて十分に混練して得ることができる。なお、上述したセラミックグリーンシートとの密着性及び焼結性を向上させるべく、必要に応じて導体ペーストに添加剤を加えてもよい。

#### 【0040】

このようにして得られた導体ペーストを、セラミックグリーンシートの表面にスクリーン印刷等を用いて印刷して、所定の形状の導電膜を形成する。この際、セラミック体の厚さ、本実施の形態においてはセラミックグリーンシートを二枚重ねた状態でセラミック体を形成することから、セラミックグリーンシート二枚分の厚さをセラミック体の厚さとし、導電膜配設電極を用いプラズマ発生電極を組立てた際の、その導電膜配設電極の四つの端部うち、固定端を含む一組の端部に隣接する他の一組の互いに平行な端部（他の一組の端部）側における、導電膜の先端からセラミック体の先端までの距離  $a$  (mm) と、セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq a \leq 5c$  の関係を満たすように印刷する。また、特に限定されることはないが、単位電極の固定端側における、導電膜の先端からセラミック体の先端までの距離  $b$  (mm) と、セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $2c \leq b \leq 10c$  の関係を満たすように印刷することが好ましい。また、導電膜配設電極の、上述

した一組の端部が、固定端以外の端部（自由端）を有する場合、自由端側における、導電膜の先端からセラミック体の先端までの距離  $d$  (mm) と、セラミック体の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq d \leq 5c$  の関係を満たすように印刷することが好ましい。

#### 【0041】

次に、導電膜を印刷したセラミックグリーンシートと、これとは別のセラミックグリーンシートとを、印刷した導電膜を覆うようにして積層し、導電膜を内部に配設したセラミックグリーンシートを得る。このセラミックグリーンシートを積層する際には、温度 100℃、圧力 10MPa で押圧しながら積層することが好ましい。

#### 【0042】

次に、導電膜を内部に配設したセラミックグリーンシートを焼成して単位電極（導電膜配設電極）を形成する。このような方法によって、必要な枚数の導電膜配設電極を形成する。

#### 【0043】

また、別途、単位電極の固定端を保持するための保持部材を形成する。本実施の形態のプラズマ発生電極に用いられる保持部材は、例えば、アルミナ原料粉末と有機バインダの混合粉体を金型プレス成型後、バインダ仮焼、本焼成し、必要に応じて研削加工により最終寸法仕上げを行うことによって形成することができる。なお、保持部材を形成する方法は上述した方法に限定されることはない。

#### 【0044】

次に、このようにして得られた保持部材で、単位電極を所定の間隔に保持する。この際、互いに対向する単位電極を全て導電膜配設電極としてもよいし、一方の単位電極のみを導電膜配設電極としてもよい。互いに対向する単位電極の一方のみを導電膜配設電極とする場合には、他方の電極として従来公知の金属板等の電極と、導電膜配設電極とを交互に保持部材で保持する。このようにして、本実施の形態のプラズマ発生電極を製造することができる。なお、本実施の形態のプラズマ発生電極を製造する方法は上記の方法に限定されることはない。

#### 【0045】

次に、本発明のプラズマ反応器の一の実施の形態について具体的に説明する。図 5 (a) は、本発明のプラズマ反応器の一の実施の形態を、ガスの流れ方向を含む平面で切断した断面図、図 5 (b) は、図 5 (a) の A-A 線における断面図である。

#### 【0046】

図 5 (a) 及び図 5 (b) に示すように、本実施の形態のプラズマ反応器 11 は、図 1 に示したような本発明のプラズマ発生電極の一の実施の形態（プラズマ発生電極 1）と、所定の成分を含むガスの流路（ガス流路 13）を内部に有するケース体 12 とを備え、このガスがケース体 12 のガス流路 13 に導入されたときに、プラズマ発生電極 1 によって発生したプラズマによりガスに含まれる所定の成分が反応することが可能なものである。本実施の形態のプラズマ反応器 11 は、排気ガス処理装置や、空気等に含まれる酸素を反応させてオゾンを経製するオゾナイザ等に好適に用いることができる。特に、本実施の形態のプラズマ反応器 11 は、本発明のプラズマ発生電極の一の実施の形態（プラズマ発生電極 1）を備えてなることから、単位電極のそれぞれの端部における熱応力による破損や、煤等を含む排気ガスの処理装置として用いた際の単位電極表面への煤の堆積を有効に防止することができる。

#### 【0047】

本実施の形態のプラズマ反応器 11 を構成するケース体 12 の材料としては、特に制限はないが、例えば、優れた導電性を有するとともに、軽量かつ安価であり、熱膨張による変形の少ないフェライト系ステンレス等であることが好ましい。

#### 【0048】

また、図示は省略するが、本実施の形態のプラズマ反応器においては、プラズマ発生電極に電圧を印加するための電源をさらに備えていてもよい。この電源については、プラズマを有効に発生させることができる電流を供給することが可能なものであれば、従来公知の

電源を好適に用いることができる。また上述した電源としては、パルス電源であることが好ましく、この電源が、その内部に少なくとも1つのS Iサイリスタを有することがさらに好ましい。このような電源を用いることによって、さらに効率よくプラズマを発生させることができる。

#### 【0049】

また、本実施の形態のプラズマ反応器においては、上述したように電源を備えた構成とせずに、外部の電源から電流を供給するような構成としてもよい。

#### 【0050】

プラズマ反応器を構成するプラズマ発生電極に供給する電流については、発生させるプラズマの強度によって適宜選択して決定することができる。例えば、プラズマ反応器を自動車の排気系中に設置する場合には、プラズマ発生電極に供給する電流が、電圧が1 k V以上の直流電流、ピーク電圧が1 k V以上かつ1秒あたりのパルス数が100以上(100 Hz以上)であるパルス電流、ピーク電圧が1 k V以上かつ周波数が100以上(100 Hz以上)である交流電流、又はこれらのいずれか二つを重畳してなる電流であることが好ましい。このように構成することによって、効率よくプラズマを発生させることができる。

#### 【実施例】

##### 【0051】

以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれら実施例に限定されるものではない。

##### 【0052】

###### (実施例1)

互いに対向する二以上の板状の単位電極と、この単位電極を所定間隔に隔てた状態で、単位電極の一方の端部(固定端)を保持する保持部材とを備えたプラズマ発生電極を製造した。プラズマ発生電極を構成する単位電極は、誘電体となるセラミック体と、セラミック体の内部に配設された導電膜とを有している。

##### 【0053】

単位電極を構成するセラミック体は、セラミックグリーンシートを用いて形成し、本実施例においては、セラミック体の表面の形状を縦90 mm、横50 mmの長方形とし、その厚さを1 mmとした。また、導電膜は、タングステンを含むペーストを用いて、セラミック体の略中央に印刷して形成し、導電膜の大きさを、縦80 mm、横48 mm、厚さ10  $\mu$  mとした。本実施例のプラズマ発生電極においては、保持部材によって保持された端部(固定端)を含む、一組の互いに平行な端部(一組の端部)においては、それぞれの端部側における、導電膜の先端からセラミック体の先端までの距離が1 mm(セラミック体の厚さと同じ長さ)であり、上述した一組の端部に隣接する、他の一組の互いに平行な端部(他の一組の端部)においては、それぞれの端部側における、導電膜の先端からセラミック体の先端までの距離が5 mm(セラミック体の厚さの5倍の長さ)である。

##### 【0054】

本実施例のプラズマ発生電極を用いて、煤を含む排気ガスの処理試験を行った。単位電極の他の一組の端部側には、排気ガス含まれる煤の付着はほとんど確認されず、30時間の連続試験を行った後、プラズマ発生電極を分解し単位電極表面の観察を行ったところ、顕著な煤の付着は見られなかった。

##### 【0055】

###### (比較例1)

導電膜の大きさを、横49.5 mmとする以外は、実施例1と同様に構成されたプラズマ発生電極を製造した。本比較例のプラズマ発生電極においては、固定端を含む一組の端部に隣接する他の一組の端部側における、導電膜の先端からセラミック体の先端までの距離が0.25 mm(セラミック体の厚さの(1/4)の長さ)である。

##### 【0056】

セラミック体となる二枚のセラミックグリーンシートの内面に導電膜のペーストを印刷し

、この導電膜をセラミックグリーンシートとともに焼成した際に、二枚のセラミックグリーンシートの間に裂目が生じた。得られた導電膜配設電極（単位電極）を用いて放電を行ったところ、裂目の部位から対向する単位電極へ向かって不均一な放電が起こり、単位電極相互間に均一な放電を生じることができなかった。

#### 【0057】

##### （比較例2）

導電膜の大きさを、横35mmとする以外は、実施例1と同様に構成されたプラズマ発生電極を製造した。本比較例のプラズマ発生電極においては、固定端を含む一組の端部に隣接する他の一組の端部側における、導電膜の先端からセラミック体の先端までの距離が7.5mm（セラミック体の厚さの7.5倍の長さ）である。

#### 【0058】

実施例1と同様の排気ガスの処理試験を行った後、プラズマ発生電極を分解し単位電極表面の観察を行ったところ、単位電極の排気ガス入り口側に相当する電極端部側に顕著な煤の付着が見られた。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0059】

本発明のプラズマ発生電極は、熱衝撃による破損を有効に防止することができるとともに、例えば、プラズマ発生電極を排気ガスの流路に配設し、発生したプラズマによって排気ガスを処理する場合に、プラズマ発生電極を構成する単位電極の表面に堆積する堆積物の量を減少させて、均一なプラズマを安定して発生させることができる。さらに、本発明のプラズマ反応器は、このようなプラズマ発生電極を備えており、均一かつ安定なプラズマを発生させることができるとともに、耐熱性に優れていることから、さまざまな種類のガスに対して使用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0060】

【図1】本発明のプラズマ発生電極の一の実施の形態における、単位電極の表面に垂直な平面で切断した断面図である。

【図2】本発明のプラズマ発生電極の一の実施の形態を構成する単位電極を示す斜視図である。

【図3】本発明のプラズマ発生電極の他の実施の形態における、単位電極に垂直な面で切断した断面図である。

【図4】本発明のプラズマ発生電極の他の実施の形態における、単位電極に垂直な面で切断した断面図である。

【図5】図5（a）は、本発明のプラズマ反応器の一の実施の形態を、ガスの流れ方向を含む平面で切断した断面図、図5（b）は、図5（a）のA-A線における断面図である。

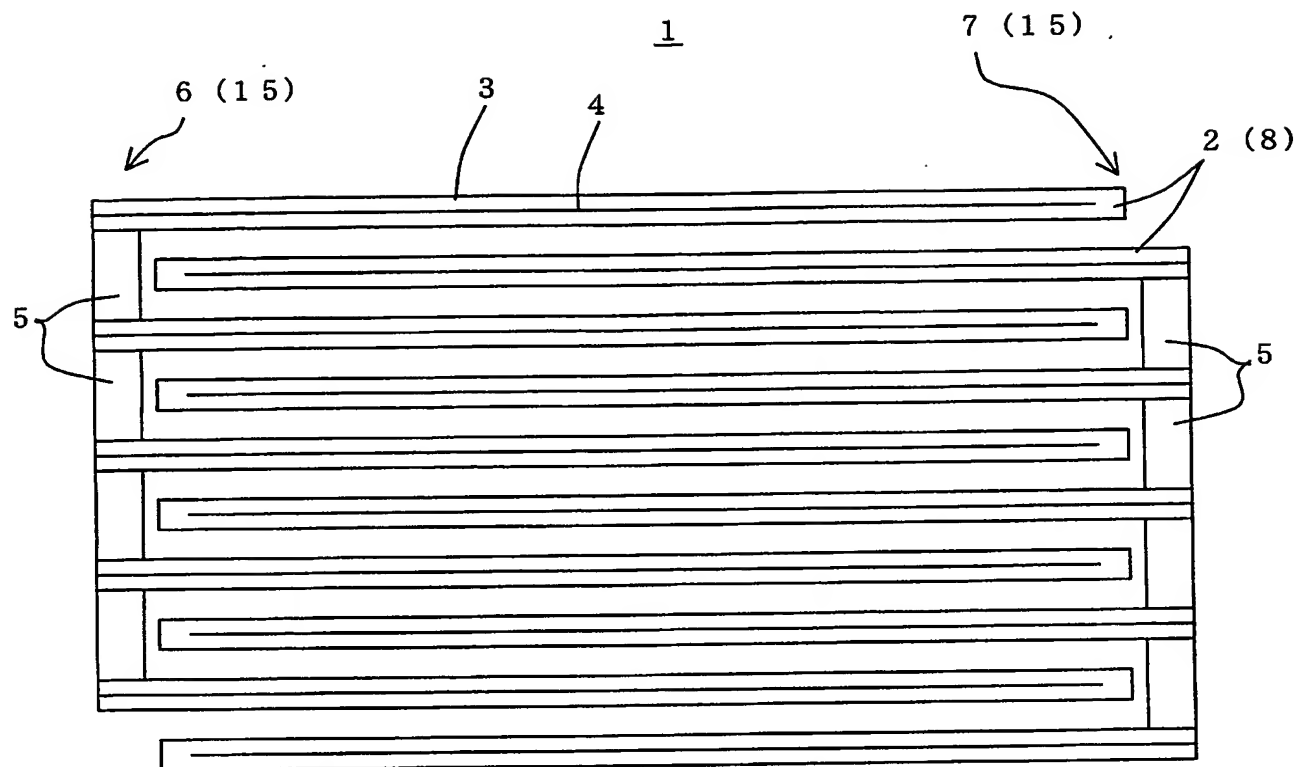
#### 【符号の説明】

#### 【0061】

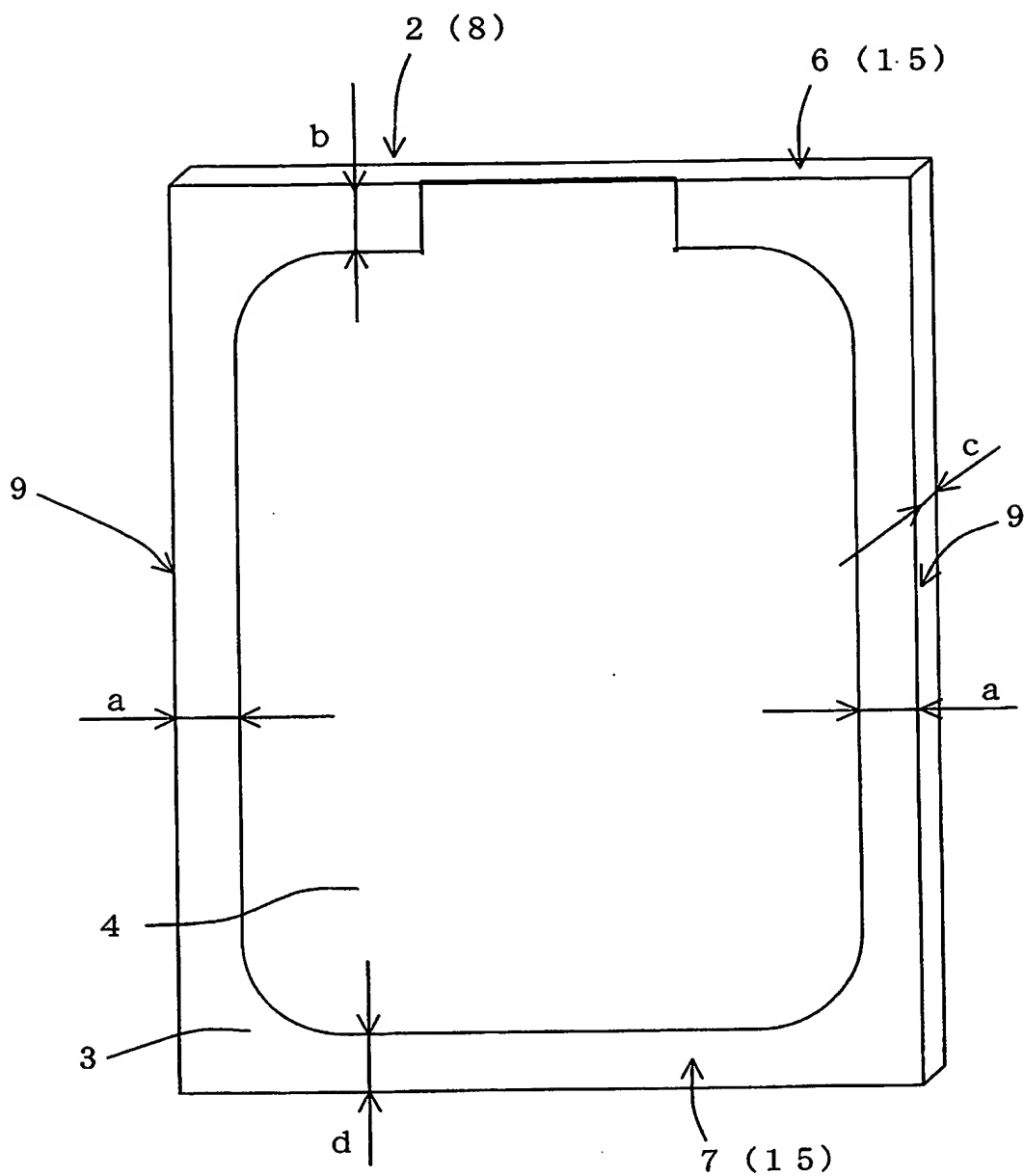
1…プラズマ発生電極、2…単位電極、3…セラミック体、4…導電膜、5…保持部材、6…固定端、7…自由端、8…導電膜配設電極、9…他の一組の端部、11…プラズマ反応器、12…ケース体、13…ガス流路、14…他方の単位電極、15…一組の端部。

【書類名】 図面

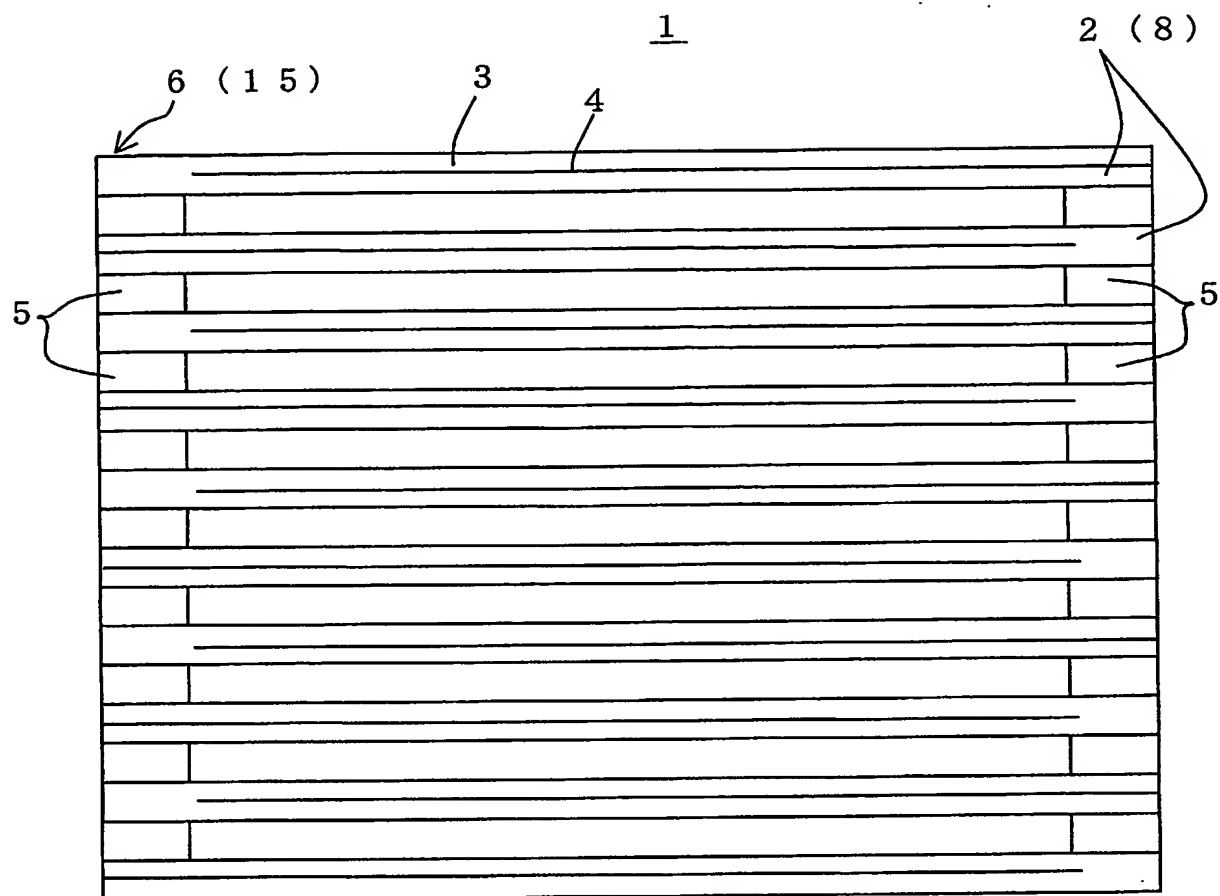
【図 1】



【図 2】

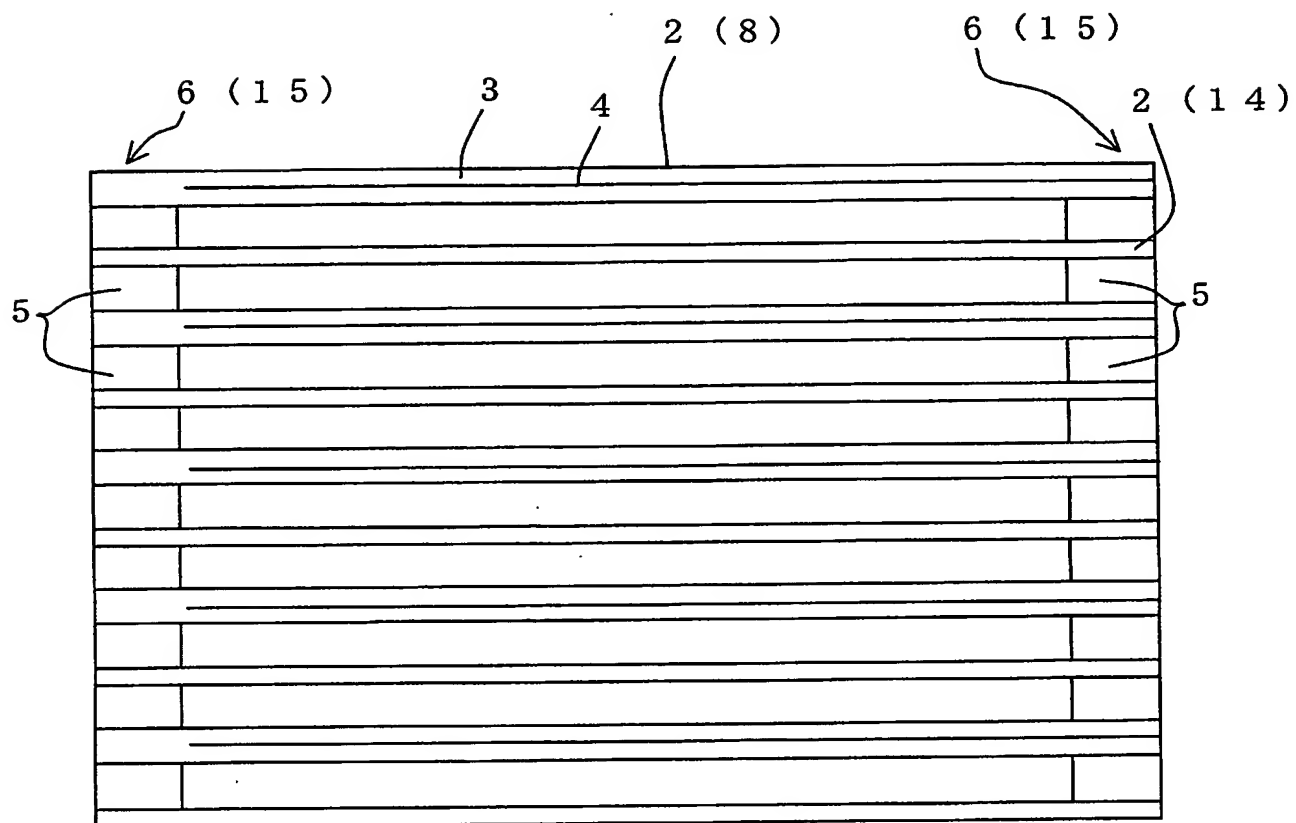


【図 3】

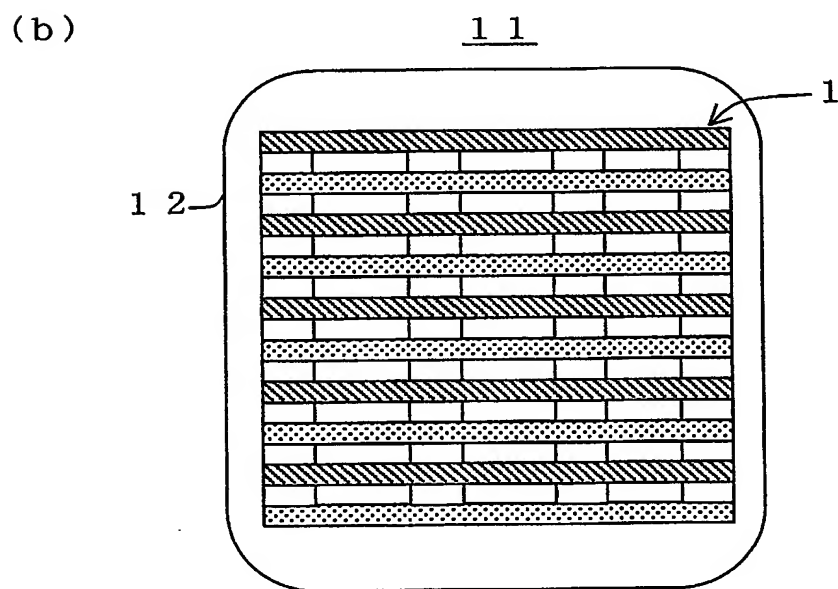
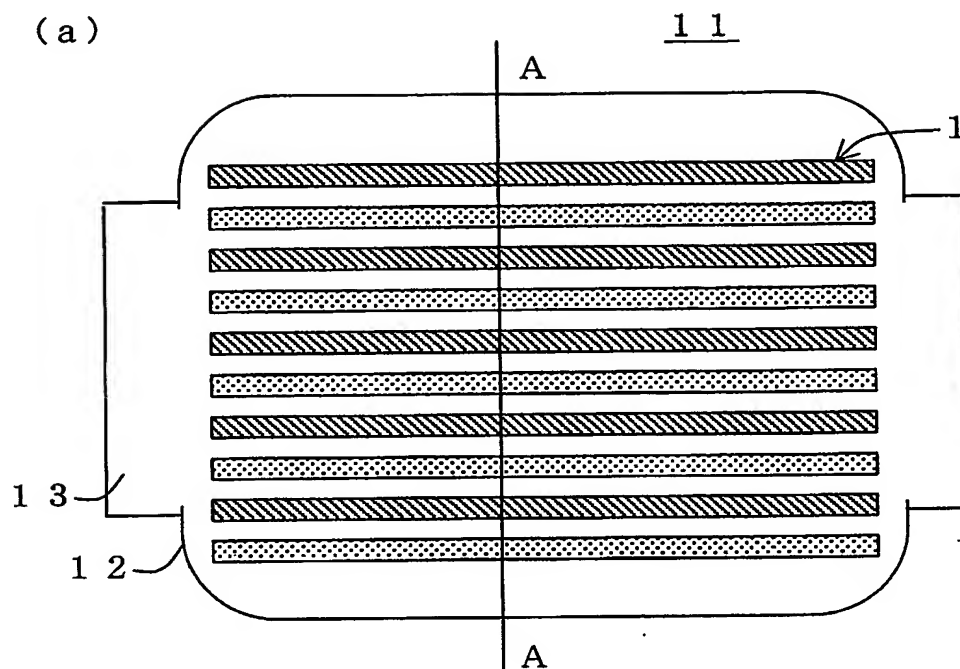




【図 4】



【図 5】



## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】熱衝撃による破損を有効に防止することができるプラズマ発生電極を提供する。

【解決手段】互いに対向する二つ以上の、長方形の表面及び四つの端面を有する板状の単位電極 2 と、単位電極 2 を、単位電極 2 の四つの端面に対応した四つの端部のうち、一組の互いに平行な端部（一組の端部）の少なくとも一方（固定端 6）を保持する保持部材 5 とを備えたプラズマ発生電極 1 であって、互いに対向する単位電極 2 の少なくとも一方が、セラミック体 3 と導電膜 4 とを有する導電膜配設電極 8 であるとともに、導電膜配設電極 8 の四つの端部うち、一組の端部に隣接する他の一組の互いに平行な端部（他の一組の端部 9）側における、導電膜 4 の先端からセラミック体 3 の先端までの距離  $a$  (mm) と、セラミック体 3 の厚さ  $c$  (mm) とが、 $(c/2) \leq a \leq 5c$  の関係を満たすプラズマ発生電極 1。

【選択図】図 1

【書類名】 出願人名義変更届  
【提出日】 平成16年 9月10日  
【あて先】 特許庁長官 小川 洋 殿  
【事件の表示】  
【出願番号】 特願2003-322065  
【承継人】  
【識別番号】 000005326  
【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社  
【承継人代理人】  
【識別番号】 100088616  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 渡邊 一平  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 009689  
【納付金額】 4,200円

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-322065
受付番号	50401537528
書類名	出願人名義変更届
担当官	鎌田 証規 8045
作成日	平成 16 年 10 月 27 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【承継人】

## 【識別番号】

000005326

## 【住所又は居所】

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

## 【氏名又は名称】

本田技研工業株式会社

## 【承継人代理人】

申請人

## 【識別番号】

100088616

## 【住所又は居所】

東京都台東区浅草橋 3 丁目 20 番 18 号 第 8 菊

星タワービル 3 階 渡邊一平国際特許事務所

## 【氏名又は名称】

渡邊 一平

特願 2003-322065

出願人履歴情報

識別番号 [000004064]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号
氏 名	日本碍子株式会社

特願 2 0 0 3 - 3 2 2 0 6 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 3 2 6 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 9 月 6 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

氏 名

本田技研工業株式会社